

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
7. April 2005 (07.04.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2005/030427 A1

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **B23K 26/10**

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/010603

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. September 2004 (22.09.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
103 44 526.9 24. September 2003 (24.09.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **KUKA SCHWEISSANLAGEN GMBH** [DE/DE];
Blücherstrasse 144, 86165 Augsburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RIPPL, Peter**
[DE/DE]; Friedrich-Deffner-Strasse 19b, 86163 Augsburg

(DE). **ENGLHARD, Anton** [DE/DE]; Siedlung 9, 86574
Petersdorf/Schönleiten (DE). **EBERL, Martin** [DE/DE];
Bahnhofstrasse 4, 82347 Bernried (DE).

(74) Anwälte: **ERNICKE, Hans-Dieter** usw.; Schwibbogen-
platz 2b, 86153 Augsburg (DE).

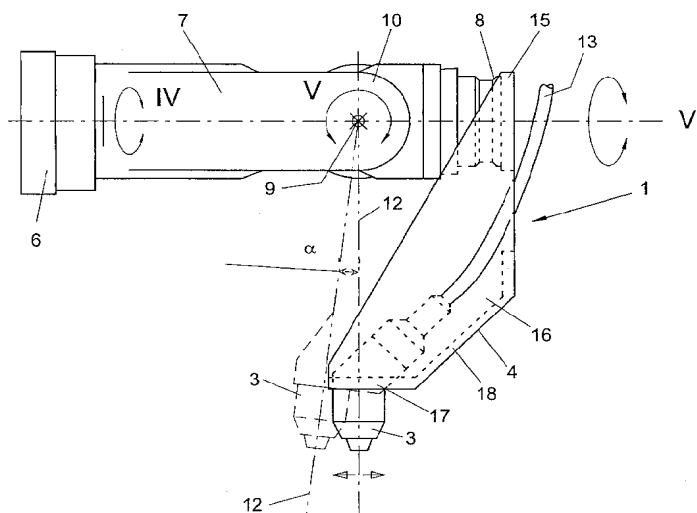
(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,
PI, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,
ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD FOR LASER BEAM MACHINING, IN PARTICULAR LASER BEAM WELDING

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUM LASERSTRAHLBEARBEITEN, INSBESONDERE LASERSTRAHLSCHWEISSEN
VON BAUTEILEN



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for laser beam machining, in particular laser beam welding of bodywork components (14), with the aid of a remote laser head (3), which is guided by a robot (5) comprising a multi-axial robot hand (7). During the welding process, the emitted laser beam (12) is guided along the welding path (19) on the component (14) by orientation modifications and with a variable irradiation angle β , said orientation modifications only being produced by pivoting displacements (7) of the manipulator hand (7) about at least one of its hand axes IV, V, VI.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/030427 A1



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht*
— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Laserstrahlbearbeiten, insbesondere Laserstrahlschweißen, von Karosseriebauteilen (14) mit einem Remote-Laserkopf (3), der von einem Roboter (5) mit einer mehrachsigen Roboterhand (7) geführt wird. Während des Schweißens wird der emittierte Laserstrahl (12) entlang der zu verfolgenden Schweissbahn (19) am Bauteil (14) durch Orientierungsänderungen und mit veränderlichen Einstrahlwinkeln β geführt, wobei seine Orientierungsänderungen nur durch Schwenkbewegungen der Manipulatorhand (7) und mindestens eine ihrer Handachsen IV, V, VI erzeugt werden.

BESCHREIBUNG

Verfahren zum Laserstrahlbearbeiten, insbesondere
Laserstrahlschweißen von Bauteilen

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Laserstrahlbearbeiten, insbesondere Laserstrahlschweißen, von Bauteilen, insbesondere Karosseriebauteilen, mit den Merkmalen im Oberbegriff des Hauptanspruchs.

10

Aus der Praxis ist es bekannt, zum Laserstrahlschweißen einen Remote-Laserkopf ohne Bauteilberührung mittels eines mehrachsigen Manipulators entlang der zu schweißenden Bahn führen. Der Manipulator hat mehrere Grundachsen und eine Hand mit mehreren Handachsen. Hierbei wird der Einstrahlwinkel β am Bauteil weitgehend konstant gehalten. Dies wird erreicht durch eine gleichzeitige und einander überlagernde Bewegung aller Manipulatorachsen, wobei die massebehafteten Grundachsen in hohem Maße beteiligt sind. Problematisch ist hierbei der Umstand, dass beim Schweißen kurzer Nahtabschnitte der Roboter durch die aus Taktzeitgründen erforderlichen hohen Geschwindigkeiten kurze abgehackte Bewegungen ausführen muss. Dies bringt ihn an die Grenze einer mechanischen Überlastung. Außerdem können die vom Laserschweißprozess her potenziell möglichen Schweißgeschwindigkeiten häufig nicht voll ausgenützt werden, was zu Taktzeitverlusten und zu entsprechenden zeitlichen und anlagentechnischen Problemen führen kann.

30

Ferner ist aus der Praxis bekannt, mit Remote-Laserköpfen zu arbeiten, die eine integrierte Scanneroptik mit mehreren beweglichen Spiegeln zur Ablenkung des Laserstrahls besitzen. Die Scanneroptiken sind allerdings relativ teuer und erfordern einen zusätzlichen Bau- und Steuerungsaufwand.

35

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Laserstrahlschweißtechnik zu verbessern.

5 Die Erfindung löst diese Aufgabe mit den Merkmalen im Verfahrenshauptanspruch.

Das erfindungsgemäße Verfahren hat den Vorteil, dass es mit konventionellen Manipulatoren und Laserköpfen ausgeführt werden kann. Der an der Manipulatorhand extern montierte Laserkopf kann bei Bedarf gegen ein anderes
10 Werkzeug getauscht werden. Ein Laserkopf kann andererseits in Verbindung mit verschiedenen Manipulatoren benutzt werden.

Der Laserstrahl wird durch Orientierungsänderungen und
15 Änderungen seines Auslenkwinkels α entlang der zu verfolgenden Schweißbahn bewegt. Dies kann allein durch die Bewegung der vorzugsweise drei oder mehr Handachsen des Manipulators geschehen. Die anderen Manipulatorachsen oder Grundachsen können während des Schweißprozesses in
20 Ruhe sein oder allenfalls einen Höhenausgleich in Laserstrahlrichtung durch Nachführen der Manipulatorhand bewirken.

Die Laserstrahlführung durch eine reine Handachsenbewegung
25 hat steuerungstechnische und wirtschaftliche Vorteile. Einerseits können vorhandene Achsen des Manipulators und insbesondere Roboters benutzt werden, wobei Zusatzachsen am oder im Laserkopf entbehrlich sind. Dies entlastet und vereinfacht die Robotersteuerung. Auch der
30 Programmieraufwand wird wesentlich verringert. Ein vorhandener Manipulator oder Roboter in Standardausführung kann benutzt werden, so wie er ist. Eine spezielle gerätetechnische Anpassung ist mit Ausnahme eines evtl. Auslegers nicht erforderlich. Der Verzicht auf
35 Zusatzachsen zur Laserstrahlablenkung vereinfacht und verbilligt ferner den Laserkopf.

Über die Schwenkbewegungen der Manipulatorhand kann der Laserstrahl sehr schnell und zielgenau bewegt werden. Bei den Handbewegungen brauchen auch keine großen Massen bewegt zu werden. Außerdem kann mit konventionellen und preisgünstigen Remote-Laserstrahlköpfen mit winkelstarrer Optik und fester Brennweite gearbeitet werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren bietet verschiedene Vorteile. Einerseits kann durch die schnellen Laserstrahlbewegungen per Orientierungsänderung die maximal mögliche Schweißgeschwindigkeit am Bauteil erreicht und weitgehend eingehalten werden. Mit dem beanspruchten Verfahren können in der gleichen Taktzeit mehr Schweißnähte als mit der konventionellen Laserstrahlschweißtechnik erzeugt werden. Dies ermöglicht einerseits eine Taktzeitverkürzung, falls dies gewünscht wird. Andererseits kann eine bessere Ausnutzung der Taktzeit zu erheblichen technischen und wirtschaftlichen Einsparungen führen. Für die Schaffung der gleichen Zahl von Schweißnähten an ein oder mehreren Bauteilen, z.B. an einer Fahrzeugrohkarosserie, genügen durch die bessere Auslastung weniger Laserschweißeinrichtungen, insbesondere Schweißroboter. Dies vereinfacht und verbilligt andererseits die System- und Anlagentechnik. Speziell im Bereich von Framing- bzw. Geostationen und Ausschweißstationen im Karosserierohbau führt dies zu nachhaltigen Entlastungen. Entsprechende Vorteile ergeben sich bei anderen Laserbearbeitungsverfahren mit einem Manipulator oder Roboter, z.B. beim Laserschneiden.

Der eingesetzte Manipulator kann von beliebig geeigneter Bauart sein und im einfachsten Fall ein stationäres Gestell mit einer mehrachsigen Manipulatorhand darstellen. In der bevorzugten Ausführungsform hat der Manipulator ein oder mehrere translatorische und/oder rotatorische Achsen. Insbesondere ist der Manipulator mit seiner Hand vorteilhafterweise als mehrachsiger Industrieroboter,

insbesondere als Gelenkarmroboter mit sechs oder mehr Achsen ausgebildet. Solche Gelenkarmroboter werden in der Industrie, insbesondere im Karosseriebau, in hoher Zahl eingesetzt.

5

Die Roboterhand hat hierbei vorzugsweise drei einander in einem Kreuzungspunkt schneidende Handachsen IV,V,VI. Dies ermöglicht die Bewegung eines vorzugsweise quer zur letzten Handachse VI ausgerichteten Laserstrahl in einer Schalenbahn um den Kreuzungspunkt. Wenn der emittierte Laserstrahl eines vorzugsweise extern an der Roboterhand befestigten Remote-Laserkopfes den Kreuzungspunkt ebenfalls schneidet, bewegt sich der Fokus des Laserstrahl auf einer Kugelschale um diesen Kreuzungspunkt. Dies ermöglicht eine besonders einfache, schnelle und genaue Laserstrahlbewegung.

10
15

Je nach Orientierungsänderung bzw. Auslenkwinkel α und entsprechender Länge der Schweißnaht können Höhenabweichungen des Fokus gegenüber dem Bauteil auftreten. Bei Einsatz von Remote-Laserköpfen mit langer Brennweite von z.B. 500 mm bis 1500 mm kann diese Höhenabweichung im Toleranzbereich liegen und akzeptabel sein. Wenn höherer Genauigkeiten gefordert werden, kann auch eine Fokussnachführung während des Schweißvorgangs stattfinden, was auf unterschiedliche Weise möglich ist, z.B. durch ein Verfahren der Fokussieroptik oder eine sog. adaptive Fokussieroptik oder durch eine Nachführbewegung des Manipulators oder Roboters in Strahlrichtung.

20
25

30

Der Remote-Laserkopf kann direkt an der Roboterhand befestigt werden. In vielen Fällen ist jedoch die Zwischenschaltung eines Auslegers günstig. Der Ausleger vergrößert den "Hebelarm" des Laserstrahls bzw. den Abstand des Kreuzungspunktes der Handachsen vom Bauteil. Je größer dieser Abstand oder die Brennweite des Laserkopfes sind, desto größer ist der Arbeitsbereich und

35

die erzielbare Nahtlänge unter Einhaltung akzeptabler Einstrahlwinkel β . Ein Ausleger ermöglicht ferner den Einsatz von Remote-Laserköpfen mit kürzerer Brennweite bei trotzdem großen Arbeitsbereichen.

5

Beim erfindungsgemäßen Verfahren ist es vorteilhaft, beim Schweißen die Laserleistung in Abhängigkeit von den Orientierungsänderungen oder Einstrahlwinkeln β des Laserstrahls (2) nachzuführen. Hierdurch kann der Laserschweißprozess optimiert werden.

10

Mit der erfindungsgemäßen Verfahrenstechnik können beliebige Nahtformen (Stumpfnah, Überlappnah, Kehlnah etc.) mittels Laserstrahl geschweißt werden. Die Schweißnähte können als durchgehende längere Schweißnähte oder als kürzere Schweißnahtabschnitte, z.B. in Form einer Steppnah, gebildet werden. Durch den großen Arbeitsbereich der Laserschweißvorrichtung können auch die Versatzbewegungen zwischen den Schweißnähten oder Nahtabschnitten durch eine Handbewegung bei stehendem Manipulator durchgeführt werden. Bei Überschreitung des Arbeitsbereichs kann die Versatzbewegung durch eine Manipulatorbewegung unterstützt oder bewirkt werden.

15

20

In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung angebeben.

25

30

35

Die Erfindung ist in den Zeichnungen beispielsweise und schematisch dargestellt. Im Einzelnen zeigen:

5 Figur 1: eine Seitenansicht einer Laserschweißstation mit einer robotergeführten Laserschweißvorrichtung und einem Bauteil,

10 Figur 2: eine vergrößerte Darstellung der Roboterhand mit einem Ausleger und einem Remote-Laserkopf und

15 Figur 3: eine vereinfachte Schemadarstellung eines Schweißprozesses mit mehreren Schweißnähten an einem Bauteil.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Laserbearbeiten, insbesondere Laserstrahlschweißen von Bauteilen (14), die von beliebiger Zahl, Art und Größe sein können. In der bevorzugten Ausführungsform handelt es sich um
20 Karosseriebauteile von Fahrzeugen und ggf. auch um komplette Rohkarosserien.

Die Erfindung betrifft ferner eine Laserschweißvorrichtung
25 (1) bzw. eine hiermit ausgestattete Laserschweißstation (2) zum Fügen von Bauteilen (14) mittels Laserstrahlschweißen. Hierbei kann es sich z.B. um eine Geostation oder Framingstation innerhalb einer Fertigungsanlage für Rohkarosserien handeln, in der Karosserieteile, z.B.
30 Bodenteil und Seitenwände etc., in die geometrisch richtige Position zueinander gebracht, in dieser Lage gespannt und mittels ein oder mehreren Laserschweißnähten (19) gefügt werden. Die Laserschweißstation (2) kann außerdem eine Bauteilvorbereitungsstation sein, in der
35 z.B. eine Seitenwandgruppe aus mehreren Einzelteilen nacheinander aufgebaut und durch Laserstrahlschweißen gefügt wird. Die übrigen Komponenten der

Laserschweißstation (2) sind der Übersicht halber nicht dargestellt. Die Laserschweißstation kann auch zwei oder mehr der nachfolgend näher beschriebenen Laserschweißvorrichtungen (1) aufweisen.

5

Die in Figur 1 dargestellte Laserschweißvorrichtung (1) besteht aus einem Manipulator (5) mit einer mehrachsigen Manipulatorhand (7) und einem Remote-Laserkopf (3), der einen Laserstrahl (12) emittiert. Die Erfindung befasst sich insofern auch mit dem Betrieb eines solchen Manipulators (5) zur Durchführung eines Laserbearbeitungsverfahrens.

10

Der Manipulator (5) hält den Laserkopf (3) mit Abstand und ohne Berührungskontakt zum Bauteil (14), welches in Figur 1 in vereinfachter Weise als Blechtafel auf einer Bauteilaufnahme dargestellt ist. Das Bauteil (14) kann ansonsten eine beliebige Form und Größe haben.

15

Der Manipulator (5) ist im bevorzugten Ausführungsbeispiel als mehrachsiger Industrieroboter, insbesondere als sechssachsiger Gelenkarmroboter ausgebildet. Er besteht aus einem stationären oder ggf. mit einer zusätzlichen Fahrachse ausgerüsteten Sockel, auf dem ein Karussell um eine vertikale Roboterachse I drehbar gelagert ist. Am Karussell ist eine Schwinge um eine zweite horizontale Roboterachse II schwenkbar gelagert. Am anderen Ende trägt die Schwinge einen Roboterarm (6), der um eine dritte horizontale Roboterachse III schwenkbar gelagert ist. Diese Roboterachsen I, II, III bilden die sogenannten Grundachsen.

20

25

30

Die Manipulatorhand oder Roboterhand (7) hat vorzugsweise zumindest zwei, insbesondere drei oder mehr Handachsen IV, V, VI, die sich vorzugsweise alle in einem gemeinsamen Kreuzungspunkt (9) schneiden. Die Roboterhand (7) ist mit ihrem Gehäuse (10) um die erste Handachse IV drehbar am

35

Roboterarm (6) gelagert. Der Abtrieb erfolgt über einen Abtriebsflansch (8) der Roboterhand (7), der um die letzte Handachse VI drehen kann. Der Abtriebsflansch (8) ist seinerseits im Handgehäuse (10) um die quer liegende Handachse V schwenkbar gelagert.

Der Remote-Laserkopf (3) ist vorzugsweise extern am Manipulator (5) angeordnet und direkt oder unter Zwischenschaltung eines Auslegers (4) am Abtriebsflansch (8) befestigt. Der Laserkopf (3) besitzt eine vorzugsweise winkelstarre Fokussieroptik (21) ohne Scannerspiegel oder dgl., die den von einer Laserstrahlquelle (11) zugeführten Laserstrahl mit z.B. konstanter Brennweite F fokussiert und zum Bauteil (14) emittiert. Die Brennweite F beträgt z.B. 500 mm bis 1500 mm, vorzugsweise 1000 mm bis 1500 mm, wobei von diesem Brennweitenbereich je nach Anwendungsfall auch nach oben oder unten abgewichen werden kann.

Die Laser- und Fokussieroptik (21) kann alternativ in der Brennweite veränderlich sein, was z.B. durch einen Optikwechsel, einen drehbaren Revolverkopf mit mehreren Optiken, eine in der Art eines Zoomobjektivs verstellbare Optik, eine anschlussseitige Veränderung der Kollimation oder dgl. erreichbar ist.

Die Laserstrahlquelle (11) kann von beliebiger Art und Größe sein. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel handelt es sich um einen Faserlaser oder einen Scheibenlaser mit z.B. externer Laserstrahlquelle (11), die über eine beliebig geeignete Laserstrahlführung (13), z.B. ein flexibles Lichtleitfaserkabel, eine Rohr/Spiegel-Anordnung oder dgl., mit dem Laserkopf (3) verbunden ist. Die Laserstrahlquelle (11) kann einen einzelnen oder mehrere Laserstrahlen (2) emittieren und z.B. als ein in Leistung und Geometrie des Strahlbündels steuerbarer Mehrstrichlaser ausgebildet sein.

Der Laserkopf (3) ist vorzugsweise derart an der Roboterhand (7) befestigt, dass der zum Bauteil (14) emittierte Laserstrahl (12) nicht mit der letzten Handachse VI fluchtet und insbesondere quer dazu ausgerichtet ist. Vorzugsweise befindet sich der Laserkopf (3) in einer vom Abtriebsflansch (8) zurückversetzten Position, in der die Wirkachse des emittierten Laserstrahls (12) den Kreuzungspunkt (9) der Handachsen VI,V,VI schneidet.

Der Ausleger (4) besitzt eine Montageplatte (15) zur Befestigung am Abtriebsflansch (8). Er hat ferner eine Halterung (17) für den Laserkopf (3), die quer und im rechten Winkel zur Montageplatte (15) ausgerichtet ist. Die Montageplatte (15) und die Halterung (17) befinden sich an den gegenüber liegenden Enden des Auslegers (4) und sind durch mindestens einen distanzierenden Seitenarm (16) miteinander verbunden. Der Seitenarm (16) hat eine entsprechend zugeschnittene Form mit quer zueinander stehenden Endkanten, in deren Bereich die Montageplatte (15) und die Halterung (17) befestigt sind. Figur 2 zeigt diese Ausbildung im Detail.

Der Ausleger (4) ist vorzugsweise als rahmenartiges Gehäuse ausgebildet und besitzt mindestens zwei Seitenarme (16). In der bevorzugten Ausführungsform sind diese Seitenarme parallel zueinander und mit einem solchen Abstand angeordnet, dass sie die Hand (7) und den Laserkopf (3) zumindest bereichsweise seitlich umgeben. Außerdem sind die Seitenarme (16) durch ein oder mehrere quer liegende Zwischenplatten (18) miteinander verbunden. Diese sind in Figur 2 gestrichelt dargestellt. Der Ausleger (4) bzw. der oder die Seitenarme (16) erstrecken sich von der Montageplatte (15) ausgehend schräg nach hinten gegen die letzte Handachse VI. Hierdurch wird der Laserkopf (3) vom Abtriebsflansch (8) in der vorerwähnten Weise nach hinten versetzt angeordnet. Durch diese

achssymmetrische Anordnung können die Bewegungen des Laserkopfes (3) über die Handachsenbewegungen unmittelbar und ohne Berücksichtigung von Versatzfehlern gesteuert werden. Die Steuerung der Handachsenbewegungen erfolgt in
5 üblicher Weise durch die Robotersteuerung.

Während des Schweißens wird der emittierte Laserstrahl (12) entlang der zu verfolgenden Schweißbahn (19) durch Orientierungsänderungen geführt, wobei diese
10 Orientierungsänderungen nur durch Schwenkbewegungen der Roboterhand (7) um ein oder mehrere ihrer Handachsen IV, V, VI erzeugt werden. Die Orientierungsänderungen sind Winkeländerungen des Laserstrahls (12) um variable Auslenkwinkel α um die beteiligten Handachse(n) IV, V, VI
15 und insbesondere um den Kreuzungspunkt (9) zwischen Handachsen und Laserstrahl (12). Der Auslenkwinkel α ist z.B. der Schwenkwinkel des Laserstrahls (12) gegenüber der Normalenrichtung auf das Bauteil (14). Der Laserstrahl (12) wird hierbei vorzugsweise ausschließlich durch
20 Drehbewegungen um den Kreuzungspunkt (9) entlang der zu verfolgenden Schweißbahn (19) am Bauteil (14) geführt. Hierbei bewegt sich der Fokus (22) des Laserstrahl (12) auf einer Schalenfläche (20), vorzugsweise einer Kugelschalenfläche um den Kreuzungspunkt (9). Wenn der
25 Laserkopf (3) mit einem seitlichen Versatz zum Kreuzungspunkt (9) angeordnet ist, so dass der nach hinten verlängerte emittierte Laserstrahl (12) den Kreuzungspunkt (9) nicht schneidet, ergibt sich eine andere Schalenbahn (20) für den Fokus (22).

30 Der Laserkopf (3) selbst hat außer einer evtl. Brennweitenverstellung vorzugsweise keine eigenen mechanischen Zusatzachsen zur Bahn- oder Nahtverfolgung und braucht insoweit nicht angesteuert zu werden.

35

Durch die Orientierungsänderungen und die variablen Auslenkwinkel α ändern sich auch die Einstrahlwinkel β des Laserstrahls (12) am Bauteil (14). Der für Laserschweißprozesse zulässige Bereich der Einstrahlwinkel kann entsprechend der Lasergestaltung und der Bauteile
5 variieren. Mit dem bisher üblichen Laserschweißtechniken sind die prozesstauglichen Einstrahlwinkel β ca. 60° oder größer.

10 Durch die schalenförmige Fokusbahn (20) entstehen Höhenabweichungen df zwischen Fokus (22) und Bauteil (14), die mit zunehmendem Auslenkwinkel α ansteigen. Bei längeren Brennweiten F , insbesondere im bevorzugten Bereich zwischen 1000 mm und 1500 mm, sind diese
15 Höhenabweichungen df tolerabel und brauchen in vielen Fällen nicht kompensiert zu werden. In anderen Fällen kann zur Kompensation eine Fokussnachführung stattfinden. Dies ist auf verschiedene Weise möglich, z.B. durch eine im Laserkopf (3) integrierte Linearachse, mit der die
20 Fokussieroptik (21) in Strahlrichtung vor- und zurückbewegt werden kann. Eine andere Möglichkeit der internen Fokussnachführung besteht in einer speziellen adaptiven Fokussieroptik (21) mit veränderlicher Brennweite. Ferner ist es möglich, die Höhenabweichung df
25 durch eine Nachführbewegung des Roboters (5) über die Grundachsen I, II, III durchzuführen. Die für die Einstellung der Fokussnachführung erforderlichen Einstellwerte können auf beliebig geeignete Weise gewonnen werden, z.B. durch eine Abstandsmessung vom Laserkopf (3)
30 zum Bauteil (14) oder durch eine Messung des Auslenkwinkels α und eine Rückrechnung auf die hieraus sich ergebende Höhenabweichung df .

Beim Schweißen ist der Manipulator oder Roboter (5)
35 vorzugsweise mit seinen Grundachsen I, II, III in Ruhe und positioniert lediglich die Roboterhand (7) an der gewünschten Stelle im Raum mit Abstand zum Bauteil (14).

Die Laserstrahlbewegung wird dann nur durch die Dreh- oder Schwenkbewegung von ein oder mehreren Handachsen IV,V,VI ausgeführt. Eine Versatzbewegung des Roboters (5) und der Roboterhand (7) findet vorzugsweise nicht statt.

5 Allerdings kann über die Grundachsen I,II,III in der vorerwähnten Weise eine Fokussachführung erfolgen.

Mit der beschriebenen Verfahrenstechnik können unterschiedliche Arten von Schweißnähten (19) am Bauteil (14) geschweißt werden. Figur 3 zeigt hierfür ein

10 Ausführungsbeispiel mit mehreren Strichnähten, die z.T. im Wesentlichen gerade ausgebildet und zum anderen Teil deutlich gekrümmt und insbesondere abgewinkelt sind. Figur 3 zeigt hierbei auch die unterschiedlichen

15 Winkelstellungen bzw. Positionen 1 - 3 des Remote-Laserkopfes (3), aus denen der Laserstrahl (12) an die gewünschten Stellen am Bauteil (14) gerichtet wird.

Wenn die Brennweite F und/oder die Auslegerlänge sowie der hieraus sich ergebende Arbeitsbereich genügend groß sind,

20 kann aus einer Raumposition der Roboterhand (7) das gesamte Bauteil (14) durch reine Handachsenbewegungen geschweißt werden. Wie in Figur 3 findet hierbei auch die Versatzbewegung des Laserstrahls (12) durch eine reine

25 handachsengesteuerte Drehbewegung des Laserkopfs (3) statt. Alternativ kann die Versatzbewegung zwischen den einzelnen Schweißnähten (19) oder Nahtabschnitten durch eine Umpositionierung der Roboterhand (7) durch den Manipulator (5) erfolgen. Ferner ist es in kinematischer

30 Umkehr möglich, das Bauteil (14) bei der Versatzbewegung relativ zum Laserkopf (3) zu bewegen. Während der Versatzbewegungen findet kein Schweißen statt.

Beim Schweißprozess kann die Leistung der

35 Laserstrahlquelle (11) in Abhängigkeit von den Orientierungsänderungen bzw. den veränderlichen Einstrahlwinkeln β des Laserstrahls (12) nachgeführt

werden. Eine Leistungsnachführung kann außerdem zum Einstechen am Nahtanfang und zum Ausfahren am Nahtende stattfinden. Durch die winkelabhängige Leistungsnachführung können Leistungseinbußen an der Nahtstelle kompensiert werden, die z.B. durch ungünstige flachere Einstrahlwinkel β entstehen können. Beim rechten Einstrahlwinkel β zwischen Laserstrahl (12) und Bauteil (14) an der Auftreffstelle ist die übertragbare Strahleistung maximal, so dass hier die Laserleistung entsprechend verringert werden kann. Alternativ zur Leistungsanpassung kann die Schweißgeschwindigkeit verändert werden, um die gewünschte Streckenenergie zu erreichen.

Abwandlungen der gezeigten Ausführungsform sind in verschiedener Weise möglich. Dies betrifft einerseits die Gestaltung des Manipulators (5). Dieser kann in beliebig anderer Weise ausgebildet sein und eine andere Zahl, Art, Anordnung und/oder Kombination von Manipulator-Grundachsen I, II, III besitzen. Er kann insbesondere wahlweise translatorische oder rotatorische Achsen oder eine beliebige Kombination dieser Achsarten haben. Der Manipulator kann z.B. als Portalroboter mit drei translatorischen Fahrachsen (z.B. Kreuzschlitten mit Hubeinheit) ausgebildet sein. Der Manipulator (5) kann bei ausreichend großem Arbeitsbereich der Laserschweißvorrichtung (1) auch ein stationäres Gestell oder dgl. sein. Der Manipulator (5) kann ferner beliebig angeordnet sein, z.B. stehend am Boden oder hängend an einem Portal oder an einer Wand. Ferner sind andere Arten und Kinematiken der Manipulatorhand (7) und ihrer Handachsen möglich. Auf den Ausleger (4) kann zu Gunsten einer direkten Montage des Remote-Laserkopfes (3) am Abtriebsflansch (8) verzichtet werden. Der sich hieraus ergebende Offset zum Kreuzungspunkt (9) wird in der Handachsensteuerung entsprechend ausgeglichen und kann für gewisse Anwendungsfälle auch von Vorteil sein,

insbesondere wenn räumlich um Kanten am Bauteil herum geschweißt werden soll.

Variabel ist ferner die Laserkonstruktion an sich. Dies
5 betrifft einerseits die Gestaltung des Remote-Laserkopfes
(3) und seiner Fokussiereinrichtung (21). Andererseits
kann die Laserstrahlquelle (11) in den Laserkopf (3)
integriert oder an anderer Stelle, z.B. am Roboterarm (6)
angeordnet werden. Sie kann ferner als Diodenlaser, CO2-
10 Laser oder in beliebig anderer Art ausgeführt sein. Auch
die Art der Laserstrahlführung (13) ist variabel. Sie kann
z.B. als offene oder geschlossene Spiegelführung mit
beweglichen Rohrabschnitten ausgebildet sein. Ferner ist
es möglich, die beschriebene Technik für andere
15 Laserbearbeitungsverfahren, z.B. das Laserschneiden, die
Oberflächenbearbeitung mit Laser etc., anzuwenden.

20

25

30

35

BEZUGSZEICHENLISTE

	1	Laserschweißvorrichtung
	2	Laserschweißstation
5	3	Laserkopf, Remote-Laserkopf
	4	Ausleger
	5	Manipulator, Roboter
	6	Roboterarm
	7	Hand, Roboterhand
10	8	Abtriebsflansch
	9	Kreuzungspunkt Handachsen
	10	Handgehäuse
	11	Laserstrahlquelle
	12	Laserstrahl, Wirkachse
15	13	Laserstrahlführung, Lichtleitfaserkabel
	14	Bauteil
	15	Montageplatte
	16	Seitenarm
	17	Halterung
20	18	Zwischenplatte
	19	Schweißnaht, Schweißbahn, Nahtabschnitt
	20	Fokusbahn
	21	Fokussieroptik
	22	Fokus Laserstrahl
25		
	I	Roboterachse, Drehachse
	II	Roboterachse, Schwenkachse
	III	Roboterachse, Schwenkachse
	IV	Handachse, Drehachse
30	V	Handachse, Schwenkachse
	VI	Handachse, Drehachse
	<i>F</i>	Brennweite Laser
	α	Auslenkwinkel, Orientierungsänderung Laserstrahl
	β	Einstrahlwinkel
35	<i>df</i>	Höhenabweichung Fokus zu Bauteil

PATENTANSPRÜCHE

- 1.) Verfahren zum Laserstrahlbearbeiten, insbesondere
Laserstrahlschweißen von Bauteilen (14),
5 insbesondere Karosseriebauteilen, mit einem Remote-
Laserkopf (3), der von einem Manipulator (5) mit
einer mehrachsigen Manipulatorhand (7) geführt wird,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass während
des Schweißens der emittierte Laserstrahl (12)
10 entlang der zu verfolgenden Schweißbahn (19) durch
Orientierungsänderungen und mit veränderlichen
Einstrahlwinkeln β geführt wird, wobei seine
Orientierungsänderungen nur durch Schwenkbewegungen
der Manipulatorhand (7) um mindestens eine ihrer
15 Handachsen IV,V,VI erzeugt werden.
- 2.) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t, dass der zum Bauteil
(14) emittierte Laserstrahl (12) nicht mit der
20 letzten Handachse VI fluchtet.
- 3.) Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t, dass der Manipulator
(5) beim Schweißen mit seinen anderen Achsen
25 I,II,III in Ruhe ist.
- 4.) Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch
g e k e n n z e i c h n e t, dass der Fokus (22) des
Laserstrahls (12) beim Schweißen auf einer Kugelbahn
30 (20) um den Kreuzungspunkt (9) der Handachsen
IV,V,VI bewegt wird.
- 5.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass beim
35 Schweißen der Fokus (22) des Laserstrahls (12) in
Strahlrichtung nachgeführt wird.

- 6.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Laserstrahl (12) von einem extern an der Manipulatorhand (7) angeordneten Remote-Laserkopf (3) emittiert wird.
- 7.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Remote-Laserkopf (3) mittels eines Auslegers (4) mit Abstand zur Manipulatorhand (7) geführt wird.
- 8.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Remote-Laserkopf (3) mit einer Ausrichtung des emittierten Laserstrahls (12) quer zur letzten Handachse VI gehalten wird.
- 9.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass der Remote-Laserkopf (3) derart an der Manipulatorhand (7) befestigt wird, dass der emittierte Laserstrahl (12) den Kreuzungspunkt (9) der Handachsen IV,V,VI schneidet.
- 10.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass ein Remote-Laserkopf (3) mit winkelstarrer Fokussieroptik (21) verwendet wird.
- 11.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass ein Remote-Laserkopf (3) mit einer festen Brennweite von vorzugsweise 500 bis 1500 mm verwendet wird.
- 12.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass beim Schweißen die Laserleistung in Abhängigkeit von den

Orientierungsänderungen des Laserstrahls (12)
nachgeführt wird.

- 13.) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
5 dadurch g e k e n n z e i c h n e t, dass beim
Schweißen die Schweißgeschwindigkeit in Abhängigkeit
von den Einstrahlwinkeln β des Laserstrahls (12)
nachgeführt wird.

10

15

20

25

30

35

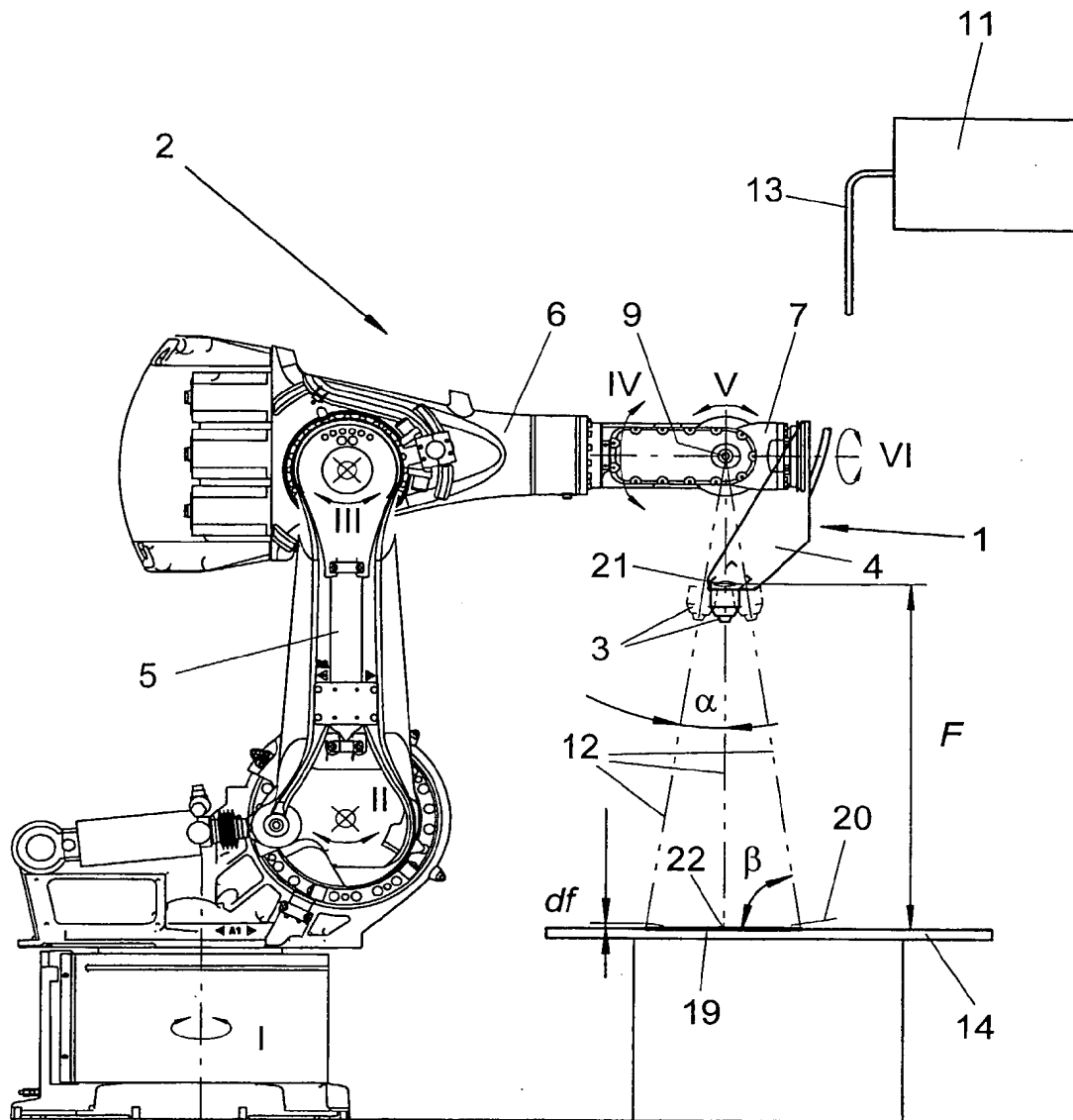
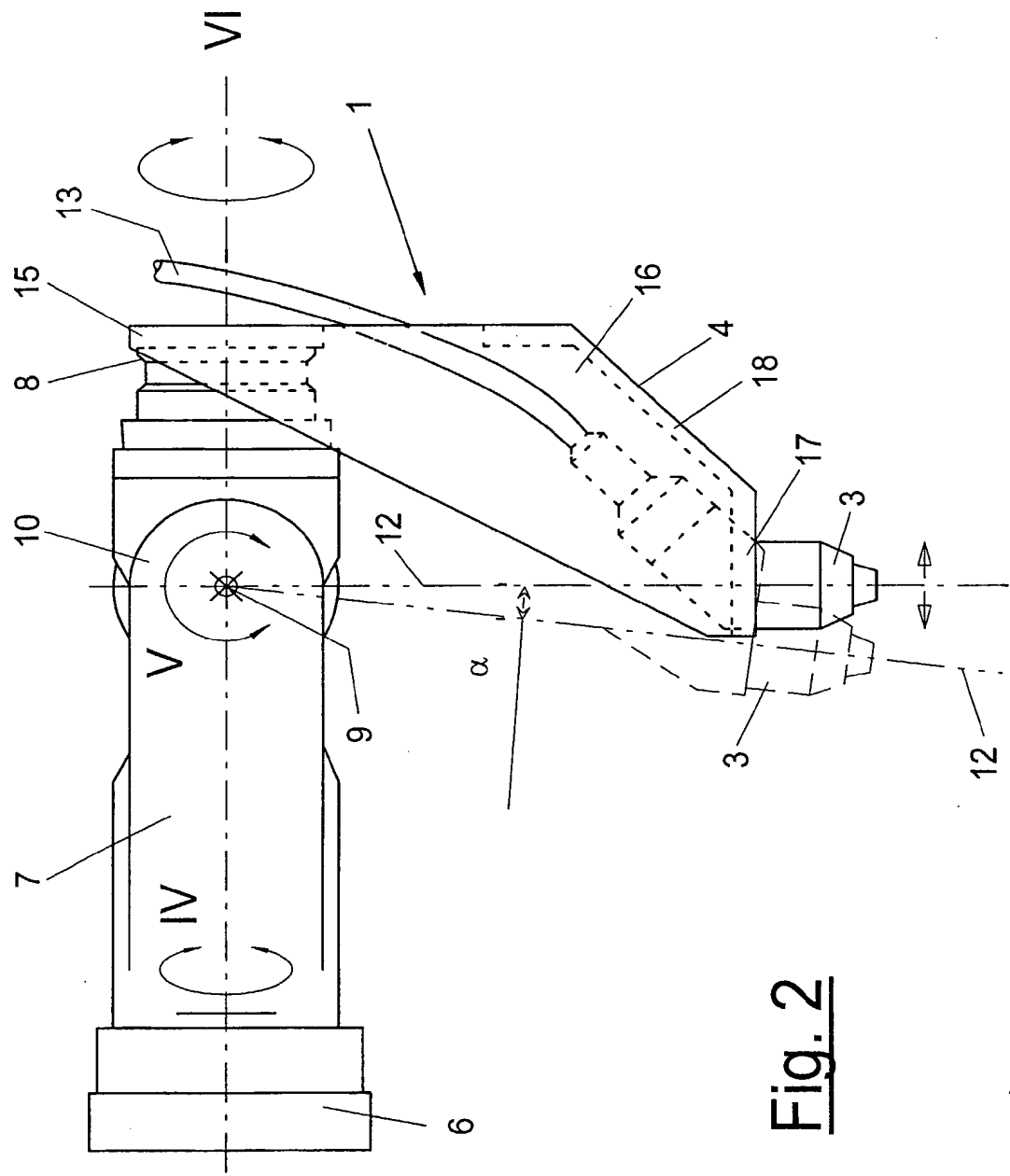


Fig. 1



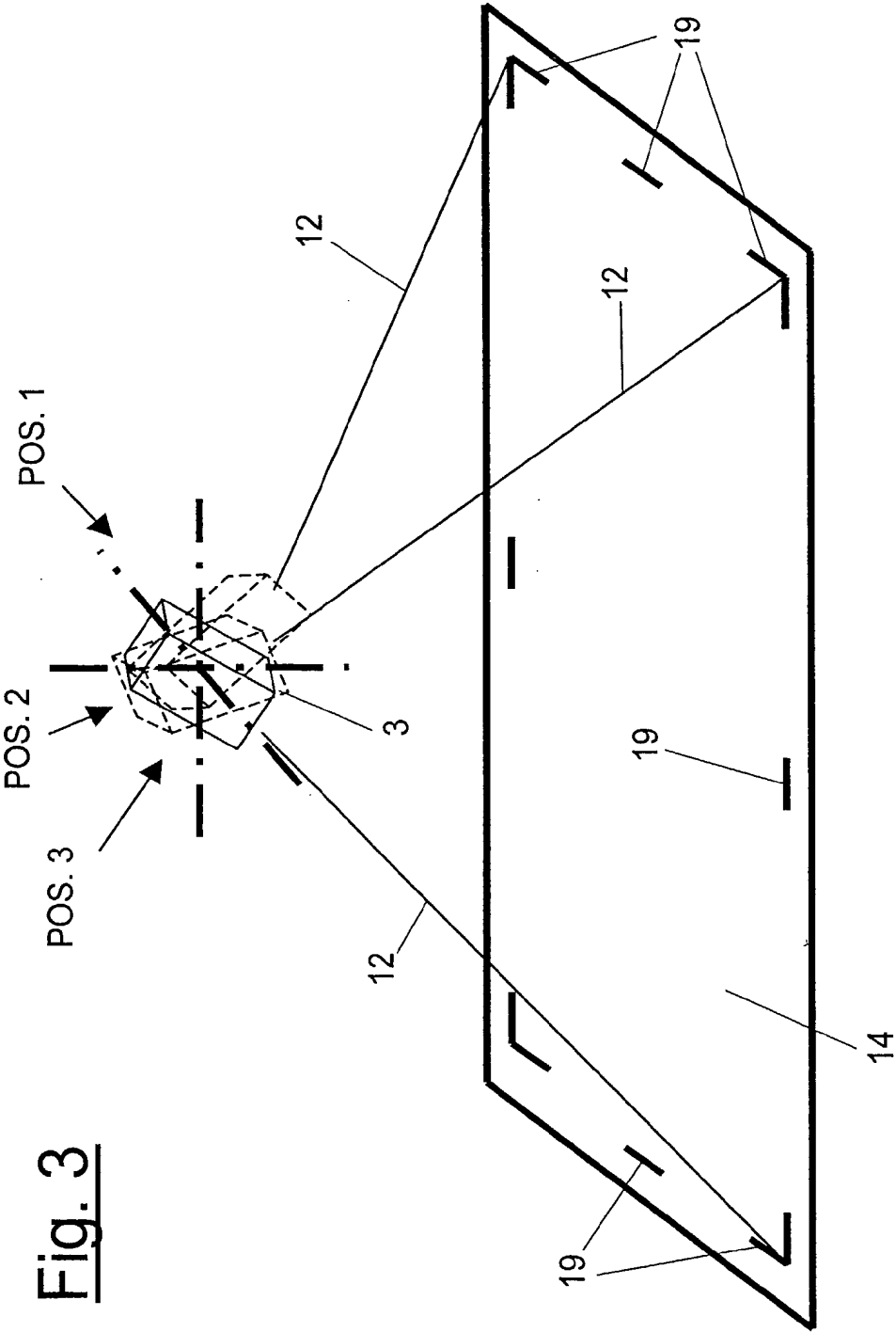


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/010603

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B23K26/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 626 999 A (BANNISTER ROBERT D) 2 December 1986 (1986-12-02) the whole document	1, 2, 6-8, 10
X	FR 2 663 583 A (CAZES ROLAND) 27 December 1991 (1991-12-27) the whole document	1, 10

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 January 2005

Date of mailing of the international search report

25/01/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Caubet, J-S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP2004/010603

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)		Publication date
US 4626999	A	02-12-1986	NONE		
FR 2663583	A	27-12-1991	FR	2663583 A1	27-12-1991

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/010603

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B23K26/10

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 B23K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 626 999 A (BANNISTER ROBERT D) 2. Dezember 1986 (1986-12-02) das ganze Dokument	1,2,6-8, 10
X	FR 2 663 583 A (CAZES ROLAND) 27. Dezember 1991 (1991-12-27) das ganze Dokument	1,10



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Januar 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

25/01/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Caubet, J-S

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/010603

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4626999	A	02-12-1986	KEINE	
FR 2663583	A	27-12-1991	FR 2663583 A1	27-12-1991